



The effect of Depth and Different Cultivation Bed on Some Morphological Characteristics and Qualitative Indicators of Saffron (*Crocus sativus* L.) in Hydroponic System

Elham Rahimi¹, Somayeh Ghasemi^{2*} and Shima Shahbazi Manshadi³

Article type: Research Article	How to cite this article: Rahimi, E., Ghasemi, S., and Shahbazi Manshadi, SH. 2024. The effect of Depth and Different Cultivation Bed on Some Morphological Characteristics and Qualitative Indicators of Saffron (<i>Crocus sativus</i> L.) in Hydroponic System. Saffron Agronomy & Technology, 12(2), 161-178. DOI: 10.22048/jsat.2024.437740.1522
Article history: Submitted: 26 January 2024 Revised: 15 August 2024 Accepted: 21 August 2024 Available Online: 21 August 2024	

Abstract

Given the economic, political, social, cultural, and environmental significance of saffron (*Crocus sativus* L.), as well as the need for more stable production and higher yields through proper crop management, the use of new technologies in saffron cultivation and yield enhancement appears to be inevitable. Therefore, this study aimed to investigate the effect of substrate type and depth of coriander cultivation on some morphophysiological characteristics of saffron in the hydroponic system. This experiment was conducted as a completely randomized based on factorial design with four replications. Experimental treatments included three types of culture medium (cocopeat, soil and soil compost) and two depths of coriander (5 and 10 cm). Based on the results of this study, the type of cultivation bed had a significant effect on all traits except stigma dry weight and picrocrocin, so the amount of total chlorophyll (1.82, 1.06 and 0.75) and the amount of safranal of saffron stigma (19.1, 18.9 and 17). The order was higher for sawdust, cocopeat, and sawdust compost beds. The interaction effect of cultivation bed type and cultivation depth on the number of flowers, dry weight of flowers, stigma dry weight and crocin content was significant. The mean of the highest number of flowers (29.5) and dry weight of saffron flowers (3.32 gr) were observed in the sawdust compost bed and cultivation depth of 10 cm. The dry weight of saffron stigma at both cultivation depths in sawdust compost treatment was significantly higher than cocopeat and sawdust substrates. The highest amount of crocin (230) was observed in the sawdust bed and planting depth of 10 cm. In general, due to the positive effect of sawdust compost in improving the yield and quality of saffron, the use of sawdust compost and the cultivation depth of 10 cm for saffron production in the hydroponic system is recommended.

Keywords: Medicinal Plants, organic substrate, pigment, soilless cultivation.

1 - MSc. Soil Science Department, Faculty of Natural Resources and Desert Studies , University of Yazd

2 - Associate Professor, Soil Science Department, Faculty of Natural Resources and Desert Studies, University of Yazd.

3 - Ph.D Student, Arid land and Desert Management Department, Faculty of Natural Resources and Desert Studies, University of Yazd.



Corresponding author: n_khaledi@areeo.ac.ir

مقاله پژوهشی

تأثیر عمق و بسترهای مختلف کشت بر برخی ویژگی‌های مورفولوژیکی و شاخص‌های کیفی زعفران (*Crocus sativus* L.) در سیستم هیدروپونیک

الهام رحیمی^۱، سمیه قاسمی^{۲*} و شیما شهبازی منشادی^۳

تاریخ دریافت: ۶ بهمن ۱۴۰۲

تاریخ بازنگری: ۲۵ مرداد ۱۴۰۳

تاریخ پذیرش: ۳۱ مرداد ۱۴۰۳

رحیمی، ا.، قاسمی، س. و شهبازی منشادی، ش. ۱۴۰۳. تأثیر عمق و بسترهای مختلف کشت بر برخی ویژگی‌های مورفولوژیکی و شاخص‌های کیفی زعفران (*Crocus sativus* L.) در سیستم هیدروپونیک. زراعت و فناوری زعفران، ۱۲(۲): ۱۶۱-۱۷۸.

چکیده

باتوجه به ارزش اقتصادی، سیاسی، اجتماعی، فرهنگی و زیست‌محیطی زعفران و از طرفی اهمیت پایداری تولید و عملکرد بیشتر از طریق مدیریت صحیح محصول، چنین به نظر می‌رسد که به کارگیری فناوری‌های نوین در تولید و افزایش محصول زعفران اجتناب‌ناپذیر است. بنابراین، پژوهش حاضر با هدف بررسی تأثیر نوع بستر و عمق کشت بنه بر برخی ویژگی‌های مورفوفیزیولوژیکی زعفران در سیستم هیدروپونیک انجام شد. این آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با چهار تکرار انجام شد. تیمارهای آزمایش شامل سه نوع بستر کشت (کوکوپیت، خاک‌اره و کمپوست خاک‌اره) و دو عمق کشت بنه (پنج و ۱۰ سانتی‌متر) بود. بر اساس نتایج حاصل از این پژوهش، نوع بستر کشت تأثیر معناداری بر تمام صفات مورد بررسی به جز وزن خشک کلاله و پیکروکروسین داشت. به‌طوری که مقدار کلروفیل کل (۱,۸۲، ۱,۰۶ و ۰,۷۵) و مقدار ساfranال کلاله زعفران (۱۹,۱، ۱۸,۹ و ۱۷) به ترتیب در بستر کمپوست خاک‌اره، کوکوپیت و خاک‌اره بیشتر بود. اثر متقابل نوع بستر و عمق کشت بر تعداد گل، وزن خشک گل و کلاله و مقدار کروسین معنادار بود. بیشترین میانگین تعداد گل (۲۹,۵) و وزن خشک گل زعفران (۳,۳۲ گرم) در بستر کمپوست خاک‌اره و عمق کشت ۱۰ سانتی‌متر مشاهده گردید. وزن خشک کلاله زعفران نیز در هر دو عمق کشت، در تیمار کمپوست خاک‌اره به‌طور معناداری بیشتر از بسترهای کوکوپیت و خاک‌اره بود. همچنین، بیشترین مقدار کروسین (مقدار ۲۳۰) در بستر خاک‌اره و عمق کشت ۱۰ سانتی‌متر مشاهده شد. به‌طور کلی، با توجه به تأثیر مثبت کمپوست خاک‌اره در بهبود عملکرد و کیفیت زعفران، استفاده از کمپوست خاک‌اره و عمق کشت ۱۰ سانتی‌متر برای تولید زعفران در سیستم هیدروپونیک توصیه می‌شود.

کلمات کلیدی: بستر آلی، رنگریزه، کشت بدون خاک، گیاهان دارویی.

۱- دانش آموخته کارشناسی ارشد، گروه علوم خاک، دانشکده منابع طبیعی و کویرشناسی، دانشگاه یزد.

۲- دانشیار، گروه علوم خاک، دانشکده منابع طبیعی و کویرشناسی، دانشگاه یزد.

۳- دانشجوی دکترا، گروه مدیریت مناطق خشک و بیابانی، دانشکده منابع طبیعی و کویرشناسی، دانشگاه یزد.

*- نویسنده مسئول: s.ghasemi@yazd.ac.ir

مقدمه

زعفران زراعی (*Crocus sativus* L.) گیاهی چندساله و علفی از خانواده زنبقیان است که با ارزش‌ترین و گران‌ترین ادویه در دنیا محسوب می‌شود (Ziyaratniya et al., 2019). با وجود اینکه ایران یکی از مهمترین تولیدکنندگان زعفران در دنیا است و حدود ۹۰ درصد از تولید این گیاه و بیش از ۸۰ درصد سطح زیر کشت زعفران در دنیا به ایران تعلق دارد (Koocheki, 2013)، اما میزان عملکرد آن در مقایسه با سایر کشورهای تولیدکننده بسیار پایین است. زعفران یکی از محصولات مهم اقتصادی ایران است که امروزه از اقلام مهم صادراتی کشور محسوب می‌شود، به طوری که حدود ۹۵ درصد محصول تولید شده، به کشورهای متعدد دنیا صادر می‌گردد (Omidi et al., 2009). بدیهی است که با افزایش تولید و بالا بردن میزان بهره‌وری و همچنین افزایش توسعه صادرات زعفران، می‌توان درآمدهای ارزی قابل اطمینانی را برای کشور تأمین کرد (Vakili & Alizade, 2016; Sadeghi, 2012). همچنین زعفران به علت داشتن جنبه تجاری، صادراتی و ارزآوری بالا، می‌تواند باعث بهبود معیشت کشاورزان و افزایش صادرات شود. محصول زعفران به دلیل اینکه دوره رویشی و زمان محصول‌دهی آن متفاوت از سایر محصولات زراعی می‌باشد، دارای اهمیت خاص است. این ویژگی ممتاز سبب می‌شود تا از نظر دوره زمانی به کارگیری نیروی انسانی و تخصیص آب زراعی، با سایر محصولات متفاوت باشد (Yazdchi et al., 2011). این ادویه به عنوان گران‌ترین ادویه در جهان شناخته می‌شود و به دلیل داشتن سه ترکیب فعال زیستی اصلی: کروسین، پیکروکروسین و سافرانال برای سلامتی انسان مفید است (Cardone et al., 2020).

لذا بررسی راهکارهای مختلف مدیریت زراعی جهت بهبود افزایش عملکرد محصول زعفران بسیار مهم است و برای

افزایش تولید و صادرات بایستی روش‌های مدیریتی مدرن جایگزین روشهای سنتی شود. کشت هیدروپونیک به عنوان یکی از روش‌های نوین در تولید زعفران، جایگزین مناسبی برای کشت زراعی می‌باشد. با توجه به افزایش روز افزون جمعیت، افزایش تولید محصولات کشاورزی و منابع غذایی از مسائل بسیار مهم می‌باشد. کشت سنتی به روش خاکی در فضای باز، باغ یا گلخانه با برخی مشکلات و محدودیت‌ها مواجه است. بنابراین استفاده از روش‌های نوین و پر بازده جهت دستیابی به بالاترین کمیت و کیفیت محصول ضرورت دارد. در جهت افزایش تولید و کیفیت این محصول در مناطق مختلف باید روشهای مدرن، جایگزین روش‌های سنتی شود. متوسط عملکرد ۳۵ ساله اخیر زعفران در ایران ۳/۲ کیلوگرم در هکتار می‌باشد که در سالیان اخیر، میانگین تولید شدیداً کاهش یافته است (Koocheki et al., 2016). مهم‌ترین دلیل این امر، کشت سنتی و عدم استفاده از مدیریت‌های جدید زراعی گزارش شده است (Shoorideh, 2009). با در نظر گرفتن شرایط فوق، یکی از مهم‌ترین راهکارهای خروج از این بحران‌ها، کشت بدون خاک است. در مطالعات انجام شده در زمینه مقایسه عملکرد و کیفیت زعفران در سیستم کشت خاکی و هیدروپونیک، نتایج متفاوتی حاصل شده است. سورل و وتر (Sourel & Weather, 2000) در تحقیقی با پرورش زعفران تحت شرایط کشت هیدروپونیک مشاهده کردند که وزن تر و خشک زعفران و همچنین رشد بنه‌ها در کشت خاکی نسبت به هیدروپونیک بیشتر بود، در حالی که پوگی و همکاران (Poggi et al., 2010) گزارش کردند که تولید زعفران در محیط کنترل شده از نظر عملکرد محصول و همچنین کیفیت نسبت به شرایط مزرعه مطلوب‌تر است. مولینا و همکاران (Molina et al., 2010) نیز مشاهده کردند که تولید زعفران در هر بنه در شرایط کنترل شده دو برابر بیشتر از تولید محصول در مزرعه بود و مقادیر کروسین، پیکروکروسین و

سافرانال نیز بیشتر بود.

عوامل زیادی در تعیین میزان عملکرد کمی و کیفی زعفران نقش دارند که از جمله آنها می‌توان به عوامل اقلیمی، آفات و بیماری‌ها، علف‌های هرز، آبیاری، انبارداری، تاریخ کشت و عمق کاشت اشاره کرد. در این بین، بستر کشت مناسب و عمق کاشت بهینه از مهم‌ترین راهکارهای مؤثر بر افزایش میزان عملکرد زعفران در واحد سطح است. یکی از فاکتورهای مهم در گلدهی و عملکرد بانه زعفران، بستر کشت زعفران است. هاگان تورهان و همکاران (Turhan et al., 2007) در آزمایشی مشاهده کردند که اگر بستر رشد بانه زعفران در مخلوطی از خاک مزرعه با شن و کود گاوی باشد، عملکرد گلدهی بانه‌های زعفران به‌طور معنی‌داری افزایش می‌یابد. هلال‌بیگی و همکاران (Helalbeigi et al., 2009) در تحقیقی تحت عنوان امکان رشد بانه زعفران در بسترهای مختلف کشت در سیستم‌های بدون خاک، نشان دادند که بستر کوکوپیت و پرلیت موجب افزایش وزن خشک بانه زعفران گردید. کوچکی و همکاران (Koocheki et al., 2012) با بررسی تأثیر بسترهای مختلف کشت شامل خاکبرگ، کمپوست بستر قارچ، کمپوست زباله‌های شهری، کود دامی و کاه و کلش لوبیا بر رشد و عملکرد زعفران گزارش کردند که اثر بستر کاشت بر کلیه صفات زراعی معنی‌دار بود. در پژوهشی دیگر، فیضی زاده و همکاران (Feyzizadeh et al., 2022) تأثیر بسترهای مختلف بر عملکرد بانه زعفران در سیستم بدون خاک را بررسی نمودند و گزارش کردند که نوع بستر کشت بر پارامترهای گیاهی شامل طول گیاه، سطح برگ، وزن تر برگ، وزن خشک برگ، وزن تر بانه، وزن خشک بانه، قطر بانه دختری، تعداد بانه دختری، کلروفیل a، کلروفیل b، کلروفیل کل و کاروتنوئید مؤثر می‌باشد.

لذا با توجه به اهمیت دارویی و اقتصادی زعفران، دستیابی به راهکارهای افزایش کیفیت و تولید در واحد سطح دارای اهمیت می‌باشد. باتوجه به ارزش اقتصادی، سیاسی، اجتماعی، فرهنگی

و زیست محیطی زعفران و از طرفی اهمیت پایداری تولید و حصول عملکرد بیشتر از طریق مدیریت صحیح عملکرد زراعی، چنین به نظر می‌رسد که به کارگیری فناوری‌های نوین در تولید و افزایش محصول زعفران اجتناب‌ناپذیر است که در این راستا تولید در شرایط کنترل شده مانند سیستم هیدروپونیک به عنوان یک فناوری نوین، می‌تواند مطرح باشد. اگرچه چندین گزارش علمی در زمینه کشت بدون خاک زعفران وجود دارد اما تحقیقات بسیار معدودی در رابطه با عمق کشت و بسترهای پیشنهادی در سیستم بدون خاک در دسترس می‌باشد. لذا با توجه به اهمیت دارویی و اقتصادی زعفران، دستیابی به راهکارهای افزایش کیفیت و تولید در واحد سطح دارای اهمیت می‌باشد. بنابراین، این پژوهش سعی بر آن خواهد داشت که مطلوب‌ترین عمق و بستر کشت را در جهت افزایش عملکرد کمی و کیفی زعفران معرفی کند.

مواد و روش‌ها

بستر کشت هیدروپونیک

این پژوهش در گلخانه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه یزد در پاییز سال ۱۳۹۸ صورت گرفت. برای تهیه بستر هیدروپونیک، کوکوپیت و پرلیت به نسبت حجمی سه به یک با یکدیگر مخلوط و سپس اتوکلاو شدند. خاک اره مورد استفاده در این مطالعه نیز از نجاری‌های شهر یزد تهیه شد. همچنین، برای تهیه کمپوست خاک اره، ۷۵ درصد خاک اره، ۲۰ درصد کود گاوی (ازت ۲،۲۶٪، فسفر ۰،۶٪، پتاسیم ۲،۰۲٪، کلسیم ۱،۴۳٪، منیزیم ۰،۴۴٪، سدیم ۰،۱۵٪، روی ۲۰۹ ppm، مس ۵۰ ppm، ماده آلی ۵۹٪، EC:۲۰ دسی‌زیمنس بر متر و اسیدیته: ۷،۵) و ۵ درصد پودر خون با یکدیگر ترکیب و به مدت چهار ماه در شرایط رطوبتی ۸۰-۷۵ درصد و دمای 25 ± 2 درجه سانتی‌گراد نگهداری شد. برای هوادهی کمپوست نیز، چند روز یکبار بسترها زیر و رو شدند (Ghasemi, 2018).

تعیین گردید. به منظور اندازه‌گیری غلظت پتاسیم و فسفر، ابتدا عصاره‌گیری انجام شد. به این صورت که ۰/۵ گرم کمپوست هواخشک را وزن کرده و به مدت چهار ساعت در کوره در دمای ۵۵۰ درجه سانتی‌گراد خاکستر گردید. سپس ۱۰ میلی‌لیتر اسید کلریدریک دو نرمال به نمونه‌ها اضافه شده و بر روی هیتر قرار گرفت تا به آرامی حجم عصاره به یک سوم حجم ابتدایی کاهش یافت. بعد از صاف کردن عصاره با کاغذ صافی، حجم آن با آب مقطر به ۵۰ میلی‌لیتر رسانده شد. غلظت فسفر با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر مدل Analytic jena 210 در طول موج ۸۷۰ نانومتر و غلظت پتاسیم توسط دستگاه فلیم‌فتومتر مدل jenway PFP7 تعیین گردید.

تعیین برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی بستر کشت پس از تولید کمپوست، برخی ویژگی‌های خاک اره و کمپوست تولیدی نظیر قابلیت هدایت الکتریکی، اسیدیته، درصد کربن آلی، غلظت نیتروژن کل، پتاسیم و فسفر اندازه‌گیری شد. اندازه‌گیری اسیدیته و قابلیت هدایت الکتریکی کمپوست در عصاره ۱۰:۱۰ و به ترتیب توسط دستگاه pH متر مدل ۸۲۷ و هدایت‌سنج مدل ۸۶۵۰۳ صورت پذیرفت (Hesse, 1971). درصد کربن آلی به روش اکسیداسیون تر در مجاورت بی-کرومات پتاسیم و اسید سولفوریک غلیظ (Nelson & Sommers, 1986) و درصد نیتروژن کل با استفاده از دستگاه اتو کلتک مدل Ber distillation s4 بر اساس روش کلدال

جدول ۱- برخی ویژگی‌های خاک اره و کمپوست خاک اره

Table 1- Some characteristics of sawdust and sawdust compost

نوع بستر کشت	شاخص واکنش pH	هدایت الکتریکی EC (dS.m ⁻¹)	نیتروژن کل		C/N	فسفر	پتاسیم
			کربن آلی O.C	Total N		Available P	Available K
Type of cultivation bed			(g.kg ⁻¹)			(g.kg ⁻¹)	
خاک اره Sawdust	7.6	1.1	0.534	3.10	172.2	0.15	0.24
کمپوست خاک اره Sawdust compost	7.0	2.50	291	14.6	19.9	7.20	4.76

۱ گرم در ۱ لیتر ضدعفونی شد. سپس پیازها در دو عمق ۵ و ۱۰ سانتی‌متر کشت گردید. آبیاری بنه‌ها به صورت هفتگی با محلول یک چهارم هوگلند صورت گرفت. در دوره ظهور گل، بنه‌ها در محدوده دمای ۱۵-۱۲ درجه سانتی‌گراد نگهداری شده و تناوب نوری به صورت ۸ ساعت روشنایی و ۱۶ ساعت تاریکی اعمال شد (Aghhavani-Shajari et al., 2021). این آزمایش در قالب طرح کاملاً تصادفی به صورت فاکتوریل با چهار تکرار انجام شد. تیمارها شامل دو عمق (۵ و ۱۰ سانتی‌متر) و سه نوع بستر کشت (کوکوپیت و پرلیت، خاک اره و کمپوست خاک اره) بودند.

برداشت و تعیین شاخص‌های فیزیولوژیکی و کیفی زعفران

تهیه و آماده‌سازی بنه‌های زعفران پیازهایی با وزن ۱۰ تا ۱۵ گرم از مزرعه‌ای شش ساله در شهر بیرجند، انتخاب شدند. سپس عمل نقره کاری پیاز (به فرایند حذف پوشال‌های اضافی از پیاز زعفران اصطلاحاً نقره کاری پیاز زعفران می‌گویند) انجام گردید. پیازها پس از ضدعفونی در جعبه‌های پلاستیکی استریل شده قرار داده شد و به مدت ۳۰ روز در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد و رطوبت ۸۰ درصد در تاریکی نگهداری شدند.

انتقال بنه‌ها به بستر کشت

بسترهای کشت اتوکلاو شده شامل کوکوپیت و پرلیت، کمپوست خاک اره و خاک اره با قارچ کش کاربندازیم با غلظت

های ۲۰۰ تا ۷۰۰ نانومتر ثبت شد. مقدار جذب در محدوده ۲۵۷، ۳۳۰ و ۴۴۰ نانومتر به ترتیب نشان دهنده پیکروکروسین، سافرانال و کروسین می‌باشد. مقدار کلروفیل کل با دستگاه اسپکتروفوتومتر در طول موج‌های ۶۶۳ و ۶۴۵ قرائت شد (Moenirad et al., 2021). تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از تجزیه واریانس دو طرفه و آزمون مقایسه میانگین دانکن، در نرم‌افزار SPSS Statistics 20 انجام شد. برای رسم نمودارها از نرم افزار Microsoft Excel 2016 استفاده شد.

نتایج و بحث

تعداد گل

بر اساس نتایج بدست آمده از تجزیه واریانس داده‌ها، تأثیر بستر کشت بر تعداد گل زعفران در سطح ۰/۱ درصد معنادار بود، اما عمق کشت تأثیر معناداری بر تعداد گل زعفران نداشت (جدول ۲). اثر متقابل بستر و عمق کشت بر تعداد گل زعفران نیز در سطح ۰/۱ درصد معنادار بود.

فاکتورهای مورد بررسی شامل تعداد گل، وزن خشک گل و وزن خشک کلاله بود. با شروع گلدهی در اواسط آبان ماه، عملیات برداشت گل روزانه انجام و بلافاصله پس از شمارش، گل‌ها و اجزاء آن با ترازوی دیجیتالی دقیق با حساسیت ۰/۰۰۱ گرم وزن شد. سپس هر تیمار به‌طور جداگانه در دمای محیط خشک کرده و پس از توزین اجزاء عملکرد خشک، درون ظروف پلاستیکی تمیز نگهداری شدند. تجزیه شیمیایی کلاله شامل کروسین، پیکروکروسین و سافرانال طبق استاندارد ملی زعفران ایران (۲-۲۵۹ و ۱-۲۵۹) انجام شد (ISIR, 2013). بدین منظور، ۵۰۰ میلی‌گرم نمونه پودر شده زعفران را به بالن حجمی ۱۰۰۰ میلی‌لیتری انتقال داده و مقدار ۹۰۰ میلی‌لیتر آب دوبار تقطیر استریل به آن اضافه شد. نمونه‌ها توسط همزن مغناطیسی به مدت یک ساعت و با سرعت ۱۰۰۰ دور در دقیقه تکان داده شد. سپس حجم محلول با آب دو بار تقطیر به ۱۰۰۰ میلی‌لیتر رسانده و به مدت ۱۵ دقیقه با سرعت ۴۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ شد. پس از آن، ۲۰ میلی‌لیتر محلول حاصل به حجم ۲۰۰ میلی‌لیتر رسانده شد و جذب عصاره حاصل در طول موج-

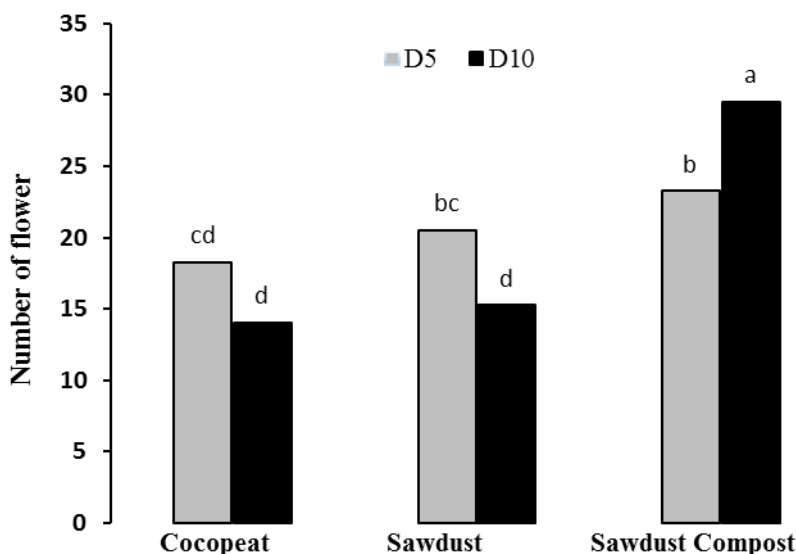
جدول ۲- نتایج تجزیه واریانس تأثیر نوع بستر و عمق کشت بر خصوصیات مورفولوژیکی زعفران

Table 2- Results of variance analysis of the effect of type of cultivation bed and depth on saffron Morphological characteristics

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean of squares		
		تعداد گل Number of flower	وزن خشک گل Flower dry weight	وزن خشک کلاله Stigma dry weight
بستر کشت (M) Cultivation bed	2	240***	35.0***	0.057
عمق کشت (D) Cultivation depth	1	7.04	0.357	0.015**
M×D	2	81.1***	13.6*	1.21***
خطای آزمایش Experiment error	18	8.45	2.76	0.001
ضریب تغییرات C.V. (%)		0.29	0.32	0.33

*، ** و *** به ترتیب بیانگر معنادار بودن در سطح پنج، یک و ۰/۱ درصد است.

*p < 0.05, **p < 0.01, ***p < 0.001.



شکل ۱- تأثیر نوع بستر و عمق کشت بر تعداد گل زعفران

میانگین‌های با حداقل یک حرف مشترک، بیانگر عدم تفاوت معنادار در سطح پنج درصد آزمون دانکن می‌باشند.

Figure 1 - Effect of type of cultivation bed and depth on the number of saffron flower.

Means followed by the same letters are not significantly different according to Duncan's test at $p < 0.05$.

D5: Depth of 5 cm, D10: Depth of 10 cm.

موجب بهبود عملکرد زعفران و افزایش وزن بنه مادری می‌شود (Ebrahimi et al., 2021). ال- نگار و ال- نشارتی (El-Nasharty, 2009) نیز گزارش کردند که محیط کشت با بهبود شرایط برای رشد رویشی، به‌طور معنی-داری خصوصیات گلدهی گیاهان دارای اندام زیرزمینی، نظیر تعداد را تحت تأثیر قرار می‌دهد. نتایج برخی دیگر از بررسی‌ها نیز، بهبود خصوصیات رشدی و عملکرد زعفران را در شرایط بهره‌گیری از انواع نهاده‌های آلی تأیید کرده است. (Nehvi et al., 2009). در پژوهشی دیگر، محققین دریافتند کاربرد نهاده-های آلی مانند کود گاوی موجب افزایش عملکرد زعفران شده-است (Amiri, 2008). نتایج مطالعه حاضر نشان داد که افزایش عمق کشت از پنج به ۱۰ سانتی‌متر در بستر خاک اره و کمپوست خاک اره، به ترتیب باعث کاهش و افزایش تعداد گل زعفران شد (شکل ۱). غلظت عناصر غذایی در بستر خاک اره بسیار ناچیز است و می‌تواند باعث ایجاد تنش کمبود عناصر غذایی به ویژه نیتروژن در گیاه شود. بنابراین با افزایش عمق کشت و بیشتر شدن حجم خاک اره، احتمالاً کمبود عناصر

نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که در هر دو عمق کشت، میانگین تعداد گل زعفران در گیاهان کشت شده در کمپوست خاک اره (۲۹٫۵) در عمق ۱۰ سانتی متر و (۲۳٫۲۵) در عمق کشت ۵ سانتی متر)، بیشتر از کوکوپیت (۱۴) در عمق ۱۰ سانتی متر و (۱۸٫۲۵) در عمق کشت ۵ سانتی متر) و خاک اره (۱۵٫۲۵) در عمق ۱۰ سانتی متر و (۲۰٫۵) در عمق کشت ۵ سانتی متر) بود (شکل ۱).

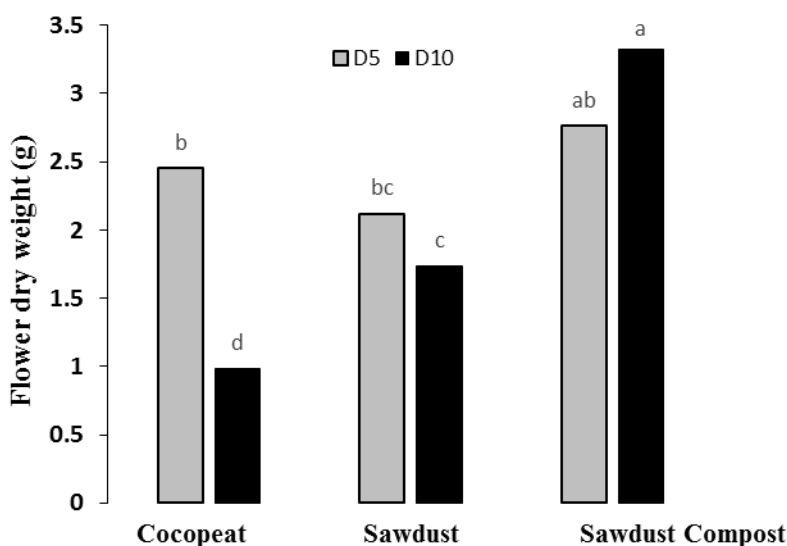
نقش مؤثر کمپوست خاک اره در بهبود عملکرد گل زعفران را می‌توان ناشی از فراهمی عناصر غذایی دانست. فراهمی متعادل عناصر غذایی، نقش بسیار مهمی در گل‌انگیزی و بهبود رشد بنه‌های مادری زعفران ایفاء می‌کند (Koocheki et al., 2011; Rezvani Moghaddam et al., 2013). چن (Chen, 2005) بیان داشت که مواد آلی با تحت تأثیر قرار دادن خصوصیات فیزیکی و شیمیایی محیط کشت مانند تعدیل درجه حرارت، فراهمی بیشتر آب و رطوبت و کاهش سختی بستر کشت، در تسریع و افزایش گلدهی و وزن گل زعفران مؤثر می-باشند. محققین در پژوهشی دیگر دریافتند، کاربرد کودهای آلی

ترتیب (۷/۳۸، ۴/۴۰ و ۲/۴۹ سانتی‌متر) گردید. بیشترین عملکرد خشک کلاله زعفران نیز در شرایط کشت بنه در محیط کنترل شده بدست آمد، به طوریکه این تیمار تقریباً به میزان ۱۴ درصد در مقایسه با تیمار کاشت بنه در مزرعه برتری داشت.

وزن خشک گل

براساس نتایج تجزیه و تحلیل داده‌ها، تأثیر نوع بستر کشت در سطح ۰/۱ درصد، عمق کشت در سطح پنج درصد و اثر متقابل بستر و عمق کشت بر وزن خشک گل زعفران در سطح ۰/۱ درصد معنادار بود (جدول ۲). تأثیر نوع بستر کشت بر وزن خشک گل زعفران بسته به عمق کشت متفاوت بود (شکل ۲).

غذایی تشدید شده و باعث کاهش گل زعفران می‌گردد. از سوی دیگر، با افزایش عمق کاشت، به منظور رساندن گل به سطح خاک، احتمالاً انرژی بیشتری صرف رشد لوله گل شده و به این ترتیب مواد غذایی کمتری صرف رشد و توسعه گلبرگ‌های زعفران شده‌است (Koocheki et al., 2011). در حالی که در کمپوست خاک اره، با افزایش عمق کشت به دلیل بهبود فرآهمی عناصر غذایی، گلدهی نیز افزایش می‌یابد. فلاحی و همکاران (Fallahi et al., 2023) طی پژوهشی گزارش کردند که حداکثر سرعت گلدهی (۵/۸۲ گل در روز) و متوسط وزن گل (۰/۳۴ گرم) در شرایط کاشت بنه زعفران در محیط کنترل شده بدست آمد. همچنین، کاشت بنه در شرایط کنترل شده موجب حصول بیشترین طول گل، خامه و کلاله زعفران به



شکل ۲- تأثیر نوع بستر و عمق کشت بر وزن خشک گل زعفران

میانگین‌های با حداقل یک حرف مشترک، بیانگر عدم تفاوت معنادار در سطح پنج درصد آزمون دانکن می‌باشند.

Figure 2 - Effect of type of cultivation bed and depth on the saffron flower dry weight.

Means followed by the same letters are not significantly different according to Duncan's test at $p < 0.05$.

D5: Depth of 5 cm, D10: Depth of 10 cm.

(شکل ۲). همچنین نتایج نشان داد که در بسترهای خاک اره و کمپوست خاک اره، تفاوت معناداری بین دو عمق کشت از نظر وزن خشک گل وجود نداشت، اما در بستر کوکوپیت، وزن خشک گل زعفران در عمق کشت پنج سانتی‌متر به‌طور

در عمق کشت پنج سانتی‌متر، تفاوت معناداری بین بسترهای مختلف کشت از نظر وزن خشک گل وجود نداشت، اما در عمق کشت ۱۰ سانتی‌متر، وزن خشک گل زعفران به ترتیب در تیمار کمپوست خاک اره، خاک اره و کوکوپیت بیشتر بود

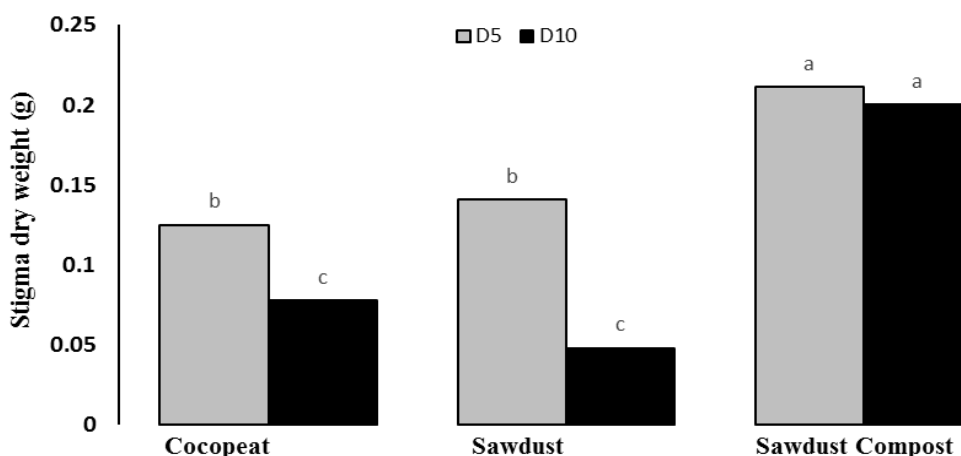
مناسب در راستای اهداف تولید زعفران در کشاورزی پایدار مد نظر قرار گیرد (Rezvani Moghaddam, 2010). در تحقیقی دیگر، پژوهشگران دریافتند، استفاده از کمپوست زباله شهری (۱۰ تن در هکتار) و بنه‌های مادری درشت (۱۲-۸/۱ گرم) به عنوان مؤثرترین تیمارها، می‌توانند نقش مؤثری در افزایش رشد بنه و عملکرد گل زعفران داشته باشند (Gholizade et al., 2016).

وزن خشک کلانه

بر اساس نتایج بدست آمده از تجزیه واریانس داده‌ها، نوع بستر کشت تأثیر معناداری بر وزن خشک کلانه گل زعفران نداشت (جدول ۲)، اما تأثیر عمق کشت و اثر متقابل تیمارها بر وزن خشک کلانه گل زعفران در سطح ۰/۱ درصد معنادار بود. نتایج نشان داد که در هر دو عمق کشت، وزن خشک کلانه زعفران در تیمار کمپوست خاک اره به‌طور معناداری بیشتر از بسترهای کوکوپیت و خاک اره بود (شکل ۳).

معناداری بیشتر از عمق کشت ۱۰ سانتی‌متر بود. بنابراین، بیشترین وزن خشک گل زعفران (۳/۳۲ گرم) در تیمار کمپوست خاک اره و عمق کشت ۱۰ سانتی‌متر و کمترین مقدار آن (۰/۹۸۴ گرم) در بستر کوکوپیت و عمق کشت ۱۰ سانتی‌متر مشاهده شد.

اگر چه نتایج برخی بررسی‌ها نشان داده است که زعفران از نظر نیاز به عناصر غذایی، گیاهی نسبتاً کم توقع می‌باشد (Kafi, 2003)، اما تأمین مقدار مناسب و مطلوب عناصر غذایی در محیط رشد، می‌تواند نقش مؤثری در بهبود رشد بنه و تخصیص مواد فتوسنتزی برای افزایش گلدهی و عملکرد اقتصادی این گیاه، داشته باشد (Rezvani Moghaddam et al., 2013). بنابراین، افزایش وزن خشک گل زعفران در تیمار کمپوست خاک اره می‌تواند ناشی از اثر مثبت کمپوست در افزایش فراهمی عناصر غذایی قابل دسترس باشد. پژوهشگران طی تحقیقی، تاثیر کمپوست قارچ بر خصوصیات رویشی و عملکرد زعفران را بررسی نموده و گزارش کردند که استفاده بهینه از مقادیر مناسب نهاده‌های آلی برای این گیاه نقدینه به عنوان راهکاری



شکل ۳- تأثیر نوع بستر و عمق کشت بر وزن خشک کلانه زعفران

میانگین‌های با حداقل یک حرف مشترک، بیانگر عدم تفاوت معنادار در سطح پنج درصد آزمون دانکن می‌باشند.

Figure 3 - Effect of type of cultivation bed and depth on the saffron stigma dry weight.

Means followed by the same letters are not significantly different according to Duncan's test at $p < 0.05$.

D5: Depth of 5 cm, D10: Depth of 10 cm.

تحقیق جهان و جهانی (Jahan & Jahani, 2007) نیز حاکی از نقش مؤثر کاربرد کودهای آلی در افزایش تعداد گل و وزن خشک کلاله زعفران در واحد سطح می‌باشد.

کروسین

تأثیر نوع بستر کشت بر مقدار کروسین در سطح پنج درصد معنادار بود، اما عمق کشت اثر معناداری بر مقدار کروسین نداشت (جدول ۳). همچنین اثر متقابل نوع بستر و عمق کشت بر مقدار کروسین در سطح یک درصد معنادار بود (جدول ۳).

این نتیجه را می‌توان به اختلاف بسترهای کشت در ظرفیت نگهداری آب، رهاسازی عناصر غذایی و ویژگی‌های فیزیکی بستر کشت نسبت داد (Savvas, 2003). سلطانی (Soltani, 2010) بیان داشت که گیاه زعفران کم آبخواه است و به مواد غذایی فراوان نیاز ندارد، اما برای دستیابی به عملکرد مطلوب بایستی ویژگی فیزیکی بستر برای رشد و تکثیر بنه‌ها مناسب باشد. مصرف مواد آلی مختلف مانند انواع کودهای دامی و شن به همراه کمپوست برگ گیاهان برای بهبود خصوصیات رشد زعفران، توسط امیری (Amiri, 2008) و نحوی و همکاران (Nehvi et al., 2009) توصیه شده است. نتایج

جدول ۳- نتایج تجزیه واریانس تأثیر نوع بستر و عمق کشت بر شاخص‌های کیفی زعفران

Table 3- Results of variance analysis of the effect of type of cultivation bed and depth on saffron Qualitative indicators

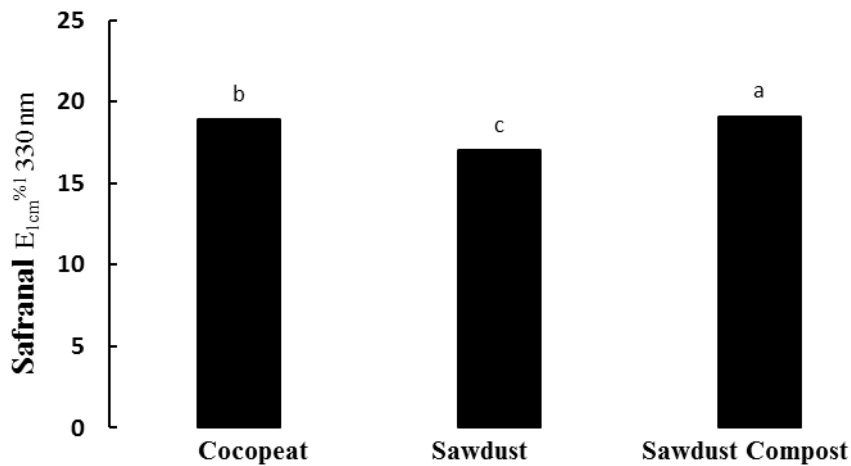
منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean of squares			
		کروسین Crocinn (E% _{1cm} 440 nm)	سافرانا Safranalin (E% _{1cm} 330 nm)	پیکروکروسین Picrocrocin (E% _{1cm} 257 nm)	کلروفیل کل Total chlorophyll
بستر کشت (M) Cultivation bed	2	344*	10.6*	7.00	2.42***
عمق کشت (D) Cultivation depth	1	1498	7.90	293**	0.004
M×D	2	548 **	0.117	39.4	0.005
خطای آزمایش Experiment error	18	63.5	1.86	22.9	0.042
ضریب تغییرات C.V. (%)		0.4	0.34	0.25	0.26

*، ** و *** به ترتیب بیانگر معنادار بودن در سطح پنج، یک و ۰/۱ درصد است.

* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$

(2008) نیز مشاهده کرد که گیاهان در شرایط مقابله با تنش‌های محیطی، مواد مؤثره را در خود افزایش می‌دهند. در واقع تنش باعث تحریک و تغییر متابولیسم سلولی می‌شود و در نتیجه β -Caroten به عنوان پیش ساز بیوستنز ABA تجمع می‌یابد. ABA نقش تنظیمی در بسیاری از مراحل فیزیولوژیکی گیاهان دارد و تحت شرایط تنش‌هایی مانند شوری، خشکی، غذایی و ... افزایش می‌یابد (Moslemi et al., 2021).

نتایج نشان داد که در عمق کشت پنج سانتی‌متر، مقدار کروسین در گیاهان کشت شده در بستر کوکوپیت به‌طور معناداری بیشتر از بستر خاک اره بود، در حالی که در عمق کشت ۱۰ سانتی‌متر، بیشترین مقدار کروسین در گیاهان کشت شده در بستر خاک اره مشاهده شد (شکل ۴). افزایش مقدار کروسین کلاله زعفران در تیمار خاک اره می‌تواند به دلیل فقر عناصر غذایی در این بستر و در نتیجه مواجه شدن گیاه با کمبود برخی عناصر غذایی به ویژه نیتروژن باشد. برنهوفت (Bernhofs,)



شکل ۵- تأثیر نوع بستر کشت بر مقدار سافرانال کلاله زعفران

میانگین‌های با حداقل یک حرف مشترک، بیانگر عدم تفاوت معنادار در سطح پنج درصد آزمون دانکن می‌باشند.

Figure 5 - Effect of type of cultivation bed on the Safranal content of saffron stigma.

Means followed by the same letters are not significantly different according to Duncan's test at $p < 0.05$.

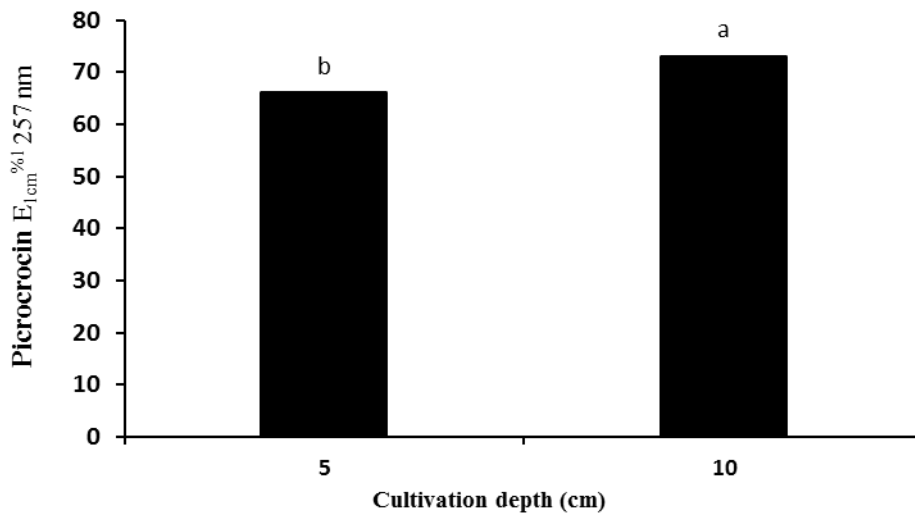
D5: Depth of 5 cm, D10: Depth of 10 cm.

تیمارها، تأثیر معناداری بر مقدار پیکروکروسین نداشتند (جدول ۳).

پیکروکروسین

تأثیر عمق کشت بر مقدار پیکروکروسین کلاله زعفران در

سطح یک درصد معنادار بود، اما نوع بسترکشت و اثر متقابل



شکل ۶ - تأثیر عمق کشت بر مقدار پیکروکروسین کلاله زعفران

میانگین‌های با حداقل یک حرف مشترک، بیانگر عدم تفاوت معنادار در سطح پنج درصد آزمون دانکن می‌باشند.

Figure 6 - Effect of type of cultivation depth on the Picrocrocin content of saffron stigma.

Means followed by the same letters are not significantly different according to Duncan's test at $p < 0.05$.

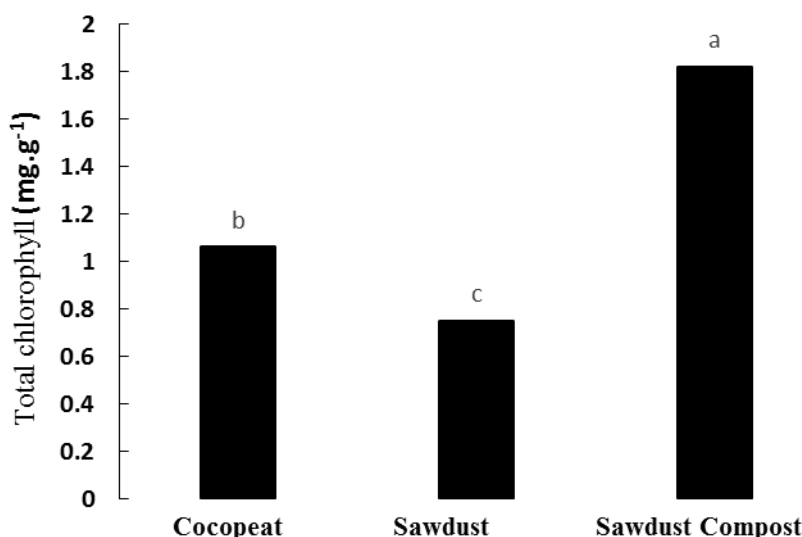
D5: Depth of 5 cm, D10: Depth of 10 cm.

زعفران در عمق کشت ۱۰ سانتی‌متر حاصل گردید و با افزایش عمق کاشت، مقدار پیکروکروسین روند کاهشی داشت.

کلروفیل کل

تأثیر نوع بستر کشت بر غلظت کلروفیل کل برگ زعفران در سطح ۰/۱ درصد معنادار بود، اما عمق کشت و اثر متقابل تیمارها، تأثیر معناداری بر غلظت کلروفیل کل نداشتند (جدول ۳). بر اساس نتایج مقایسه میانگین داده‌ها، بیشترین مقدار کلروفیل کل در بستر کشت کمپوست خاکاره و کمترین مقدار آن در بستر کشت خاکاره حاصل شد (شکل ۷).

مقدار پیکروکروسین در گیاهان کشت شده در عمق ۱۰ سانتی‌متر به‌طور معناداری بیشتر از عمق پنج سانتی‌متر بود (شکل ۶). طبق نتایج به دست آمده به نظر می‌رسد عمق کشت ۱۰ سانتی‌متر نسبت به ۵ سانتی‌متر برای کشت گیاه زعفران مناسب‌تر می‌باشد. دی‌جوان و همکاران (De-Juan et al., 2009) نیز با بررسی اثر عمق کشت دریافتند، تعداد گل در عمق ۱۰ سانتی‌متر در مقایسه با عمق ۲۰ سانتی‌متر بیشتر بود. ضیایی سه قلعه و همکاران (Galavi et al., 2008) نیز در بررسی اثر عمق کاشت و کنترل دمای تابستانه بر عملکرد کمی و کیفی زعفران مشاهده کردند که بیشترین مقدار پیکروکروسین کلالة



شکل ۷- تأثیر نوع بستر کشت بر مقدار کلروفیل کل برگ زعفران

میانگین‌های با حداقل یک حرف مشترک، بیانگر عدم تفاوت معنادار در سطح پنج درصد آزمون دانکن می‌باشند.

Figure 7 - Effect of type of cultivation bed on the Total chlorophyll content of saffron leaf.

Means followed by the same letters are not significantly different according to Duncan's test at $p < 0.05$.

D5: Depth of 5 cm, D10: Depth of 10 cm

و همکاران (Ahmadinejad et al., 2013) نشان دادند که کمپوست زباله شهری دارای مقادیر زیادی نیتروژن و آهن بوده و مصرف آن باعث افزایش غلظت این عناصر در گیاه می‌شود. واقع کمپوست با بهبود تغذیه گیاه از نظر آهن، نیتروژن، منیزیم و منگنز و با توجه به نقش این عناصر در تولید و افزایش کلروفیل،

افزایش مقدار کلروفیل گیاه در نتیجه استفاده از کمپوست، توسط بسیاری از محققین گزارش شده است (Azizian et al., 2018; Gholinegad et al., 2014). نیتروژن، منیزیم و آهن موجود در کمپوست، از عناصر غذایی مهم در تشکیل کلروفیل در گیاهان می‌باشند (Ahmadinejad et al., 2013). احمدی نژاد

نتیجه گیری

به طور کلی نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که استفاده از کمپوست خاک اره در کشت هیدروپونیک زعفران باعث بهبود عملکرد و کیفیت زعفران شد. بنابراین، با توجه به ارزان بودن این بستر کشت در مقایسه با بسترهای وارداتی مانند کوکوپیت، استفاده از کمپوست خاک اره و عمق کشت ۱۰ سانتی متر برای تولید زعفران در سیستم هیدروپونیک توصیه می شود.

باعث افزایش شاخص کلروفیل برگ می شود. کودهای آلی نظیر کمپوست، غنی از عناصر مغذی میکرو مانند آهن و روی است که این عناصر پیش ماده سنتز S- amino levulinic acid می باشند و این ماده نیز پیش ماده سنتز کلروفیل است (Sangeetha et al., 2021). صدقی و همکاران (Sedghi Moghadam & Mirzaei, 2008) نیز مشاهده کردند که با کاربرد کمپوست، سنتز کلروفیل در گیاه افزایش یافت.

منابع

- Aghhavani-Shajari, M., Fallahi, H. R., Sahabi, H., Kaveh, H., & Branca, F. (2021). Production systems and methods affect the quality and the quantity of saffron (*Crocus sativus* L.). *Spanish Journal of Agricultural Research*, 19(1), e0901-e0901.
- Ahmadinejad, R., Najafi, N., Aliasghar zad, N., & Oustan, S. (2013). Effects of organic and nitrogen fertilizers on water use efficiency, yield and the growth characteristics of wheat (*Triticum aestivum* cv. Alvand). *Water & Soil Science*, 23(2), 177-194. (In Persian with English Summary).
- Amiri, M. E. (2008). Impact of animal manures and chemical fertilizers on yield components of saffron (*Crocus sativus* L.). *American-Eurasian Journal of Agricultural & Environmental Sciences*, 4(3), 274-279.
- Azizian-Shermeh, O., Einali, A., & Valizadeh, J. (2018). Physiological and biochemical responses of basil (*Ocimum basilicum*) seedlings to different concentrations of zinc. *Iranian Journal of Plant Biology*, 10(2), 35-56. (In Persian with English Summary). <https://doi.org/10.22108/ijpb.2018.105679.1043>
- Bernhoft, A. (2008). Bioactive compounds in plants- benefits and risks for man and animals. Proceedings from a Symposium held at the Norwegian Academy of Science and Letters, Oslo, 13-14 November 2008.
- Cardone, L., Castronuovo, D., Perniola, M., Cicco, N., & Candido, V. (2020). Saffron (*Crocus sativus* L.), the king of spices: An overview. *Scientia Horticulturae*, 272, 109560.
- Chen, S., Zhang, X., Pei, D., & Sun, H. (2005). Effects of corn straw mulching on soil temperature and soil evaporation of winter wheat field. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, 21, 171-173.
- De-Juan, J. A., Cárcoles, H. L., Munoz, R. M., & Picornell, M. R. 2009. Yield and yield components of saffron under different cropping systems. *Industrial Crops & Products*, 30, 212-219.
- Ebrahimi, M., Pouyan, M., Shahi, T., Fallahi, H. R., Hoseini, S., Ragh Ara, H., & Branca, F. (2022). Effects of organic fertilisers and mother corm weight on yield, apocarotenoid concentration and accumulation of metal contaminants in saffron (*Crocus sativus* L.). *Biological Agriculture & Horticulture*, 38(2), 73-93.
- El-Naggar, A. H., & El-Nasharty, A. B. (2009).

- Effect of growing media and mineral fertilization on growth, flowering, bulbs productivity and chemical constituents of *Hippeastrum vittatum*, Herb. *American-Eurasian Journal of Agricultural & Environmental Sciences*, 6, 360-371.
- Fallahi, H., Aghhavani-Shajari, M., Sabahi-Bajestani, M., Meysamizadeh, M., Ziba, N., Abgarmi, M., Moradi-Moghaddam, S., Abbasi-Avval Bohlooli, S., & Hosseini, S. A. (2023). Comparison of Flowering and Color Parameters of Saffron Stigma Obtained from Hydroponic and Open-Field Production Systems. *Journal of Saffron Research*, 11(1), 94-107. (In Persian with English Summary).
<https://doi.org/10.22077/jsr.2023.6170.1209>
- Feyzizadeh, M., Samadi, A., Rahimi, A., & Asadzadeh, F. (2023). The effect of perlite particles size and its mixing with peat moss on corms yield of saffron (*Crocus sativus* L.) in soilless cultivation system. *Applied Soil Research*, 10(4), 136-148. (In Persian with English Summary).
- Ghasemi S. (2018). The effect of blood powder application on some biochemical properties of sawdust during vermicomposting. *NBR*, 4 (4), 310-319. (In Persian with English Summary).
- Gholinegad, R., Sirousmehr, A., & Fakheri, B. (2014). Effect of drought stress and organic fertilizer on activity of some antioxidant enzymes, photosynthetic pigments, proline and yield of borage (*Borago officinalis*). *Journal Of Horticultural Science*, 28(3), 338-346. (In Persian with English Summary).
<https://doi.org/10.22067/jhorts4.v0i0.42834>.
- Gholizade, Z., Aminifard, M. H., & Sayyari, M. H. (2016). Effect of different levels of municipal waste compost and maternal corm weight on yield and vegetative characteristics of saffron (*Crocus sativus* L.). *Saffron Agronomy & Technology*, 4(3), 169-184.
<https://doi.org/10.22048/jsat.2016.38665>
- Helalbeigi, Y., Khoshgoftarmansh, A. H., Shamsi, F., & Zamani, N. (2009). Possibility of saffron corm growth in different bed of cultivation in soilless system. Proceedings of 1st Congress of Hydroponic in Greenhouse Production. Isfahan University of Technology. (In Persian with English Summary).
- <https://doi.org/10.22067/jag.v9i3.26955>
- Hesse, P. R. (1971). A Text Book of Soil Chemical Analysis. John Murray. London.
<https://doi.org/10.1017/S0014479700005202>.
- Institute of Standards and Industrial, Research of Iran. (2013). Saffron – Methods. Test. No. 2-259.
<https://www.inso.gov.ir/portal/file/?755366/Style-Manual-Exported-Goods-Conformity-Assessment-Methods.pdf>
- Jahan, M., & Jahani, M., (2007). The effects of chemical and organic fertilizers on saffron flowering. *Acta Horticulturae*, 739, 81–86.
<https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2007.739.9>
- Kafi, M. 2003. *Saffron: Production and Processing Technology*. Publication of Zaban & Adab. pp.280.
- Koocheki, A. (2013). Research on production of Saffron in Iran: Past trend and future prospects. *Saffron Agronomy & Technology*, 1(1), 3-21. (In Persian with English Summary).
<https://doi.org/10.22048/jsat.2013.4808>.
- Koocheki, A., Tabrizi, L., Aminghafouri, A., & Khoramdel S. (2012). Evaluation of the characteristics of growth and performance of saffron (*Crocus sativus* L.) under the influence of organic cultivation substrates and different planting methods. *Journal of Agroecology*, 2(2), 16-30. (In Persian with English Summary)
- Koocheki, A., Siahmarguee, A., Azizi, G., & Jahani Kondori, M. (2011). The effect of high density and depth of planting on agronomic characteristic of Saffron (*Crocus sativus* L.) and

- corms behavior. *Journal of Agroecology*, 3(1), 36-49. (In Persian with English Summary).
<https://doi.org/10.22067/jag.v3i1.9969>.
- Koocheki, A., Karbasi, A., & Seydi, S.M. (2016). Investigating some reasons for the decrease in saffron yield during the last 30 years (review article). *Saffron Agriculture & Technology*, 5(2), 107-122.
<https://doi.org/10.22048/jsat.2016.38669>. (In Persian with English Summary).
- Moenirad, A., Zeinali, E., Galeshi, S., Soltani, A., & Eganepour, F. (2021). Investigation of fluorescence chlorophyll sensitivity, chlorophyll index, rate of Chlorophyll (a, b), nitrogen concentration and nitrogen nutrition index under nitrogen and phosphorus nutrition in wheat. *Journal of Crop Production*, 14(1), 1-18.
<https://doi.org/10.22069/ejcp.2021.12259.1947>. (In Persian with English Summary).
- Mohammadpour, J., Ghodsi, M. R., Esmi, R., Shariatmadari, Z., Adib, M. R., & Jahedipour, S. (2015). Effects of irrigation period and different fertilizers on the morphological traits and performance of cultivated saffron. The first national conference of scientific and research achievements of saffron. November 8, Torbat Heydarieh. (In Persian with English Summary).
- Mollafilabi, A., & Shoorideh, H. (2009). The new methods of saffron production. 4th National Festival of Saffron, Khorasan- Razavi, Iran p. 27-28. (In Persian with English Summary).
- Moslemi F. S., Vaziri A., Sharifi G., & Gharechahi J. (2021). The effect of salt stress on some secondary metabolites of saffron. *Plant Research Journal (Iranian Biology Journal)*, 34(1). ((In Persian with English Summary).
- Mousavi, S. Z., & Bathaie S. Z. (2009). New applications and mechanisms of action of saffron and its important ingredients. *Critical Reviews in Food Science & Nutrition*, 50(8), 761-786.
<https://doi.org/10.1080/10408390902773003>.
- Molina, R. V., Renav-morata, B., Nebauer, S. G., Garcia- Luis, A., & Guardiola, J. L. (2010). Green gouse saffron culture- temperature effects on flower emergence and vegetative growth the plants. *Acta Horticulturae*, 850, 91-94.
- Nehvi, F. A., Lone, A. A., Khan, M. A., & Maqhdoomi, M. I. (2010). Comparative study on effect of nutrient management on growth and yield of saffron under temperate conditions of Kashmir. *ISHS Acta Horticulturae*, 850, 165-170.
- Omidi, H., Naghdi Badi, H., Golzad, A., Torabi, H., & Footoukian, Mh. (2009). The effect of chemical and bio-fertilizer source of nitrogen on qualitative and quantitative yield of saffron [*Crocus sativus* L.]. *Journal of Medicinal Plants*, 8(30), 98-109. (In Persian with English Summary).
- Nelson, D. W., & Sommers, L. P. (1986). Total Carbon, Organic Carbon and Organic Matter, pp. 539-579. In: Page, A.L. (ed.), *Methods of Soil Analysis: Part 2, Agronomy Handbook No 9*, American Society of Agronomy and Soil Sci. Soc. Am., Madison, WI.
- Poggi, L. M., Portela, A. J., Pontin, M. A., & Molina, R. V. (2010). Corm size and inoculation effects on time to flowering and threads yield and quality in saffron production in Argentina. *Acta Horticulturae*, 850, 193-198.
- Rezvani Moghaddam, P., Khoramdel, S., Aminghafouri, A., & Shabahng, J. (2013). Evaluation of the growth and yield of saffron (*Crocus sativus* L.) under the influence of mushroom bed compost and corm density. *Saffron Research*, 1(1), 13-26. (In Persian with English Summary).
<https://doi.org/10.22077/jsr.2013.353>

- Rezvani Moghaddam, P., Khorramdel, S., & Aminghafouri, A. (2010). Studying the effect of mushroom compost on vegetative characteristics and performance of saffron (*Crocus sativus* L.). National Conference of Medicinal Plants. 31 May- 1 June. Birjand (In Persian with English Summary).
- Sadeghi, B. (2012). Effect of corm weight on saffron flowering. In: Proceedings of the 4th International Symposium on Saffron Biology and Biotechnology. Kashmir, India. 22-25.
- Sangeetha, S. S., Jawahar, D., Chitdeshwari, T., Babu, C., & Lakshmanan, L. (2021). The Influence of Iron Chelates on Chlorophyll Content and Yield of Bajra Napier. *Current Journal of Applied Science & Technology*, 40(6), 1-6.
- Sedghi Moghadam, M., & Mirzaei, M. (2008). The effect of municipal solid waste composting on yield and some quantitative and qualitative indicators of pumpkin (*Cucurbita moschata* Duch Expoir. Proceedings of the Third National Congress of Recycling and Reuse of Renewable Organic Resources Derkeshavarzi, Isfahan, Iran 484-492. (In Persian with English Summary).
- Savvas, D. (2003). Hydroponics: a modern technology supporting the application of integrated crop management in greenhouse. *Journal of Food Agriculture & Environment*, 1, 80-86.
- Soltani Gardframarzi, Mohammad Kazem. (2010). Cultivation of medicinal plants with low water demand, development of sustainable agriculture in arid and semi-arid areas. National Conference of Medicinal Plants. 31 May- 1 June. Birjand. (In Persian with English Summary).
- Sourel, F., & weather, S. (2000). The growth of saffron (*Crocus sativus* L.) in aeroponics and hydroponics. *Journal of Herba, Spices & Medicinal Plants*, 7(3), 128-137.
- Tajik, S., Zarinkamar, F., & Bathaei, Z. (2012). Quantification of crocin, picrocrocin and safranal components of saffron (*Crocus sativus* L.) in Ghaen and Tabas regions. *Iranian Journal of Biology*, 25(3), 423-429. (In Persian with English Summary).
- Turhan, H., Kahrman, F., Omer Egesel, C., & Kemal Gul, M. 2007. The effects of different growing media on flowering and corm formation of saffron (*Crocus sativus* L.). *African Journal of Biotechnology*, 6 (20), 2328-2332. <https://doi.org/10.5897/AJB2007.000-2365>.
- Vakili-Ghartavol, M., & Alizadeh-Salteh, S. (2016). Comparison between metabolites and antioxidant activity of saffron (*Crocus sativus* L.) from Kashmar and Marand regions. *Saffron Agronomy & Technology*, 4(3), 215-224. (In Persian with English Summary).
- Yazdchi, S., Rasouli, A., Mahmoudzadeh, H., & Zarrinbal, M. (2010). Land capability evaluation of marand county intended for saffron cultivation using multi criteria decision analysis systems. *Water & Soil Science*, 20(3), 151-170. (In Persian with English Summary).
- Galavi, M., Soloki, M., Mousavi, S. R., & Ziyaie, M. (2008). Effect of planting depth and soil summer temperature control on growth and yield of saffron (*Crocus sativus* L.). *Asian Journal of Plant Sciences*, 7(8), 747-751. <https://doi.org/10.3923/ajps.2008.747.751>.
- Ziyaratniya, S. M., Filabi, A., & Senobari, S. (2019). Effect of concentration of different growth regulators on onion dormancy period and saffron flower yield in hydroponic conditions. *Saffron Research*, 7(1), 43-54. (In Persian with English Summary). <https://doi.org/10.22077/jsr.2018.1839.1070>.